

## PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11) Publication number : 2000-100086  
 (43) Date of publication of application : 07.04.2000

(51) Int.CI.

G11B 20/18

(21) Application number : 10-288737  
 (22) Date of filing : 25.09.1998

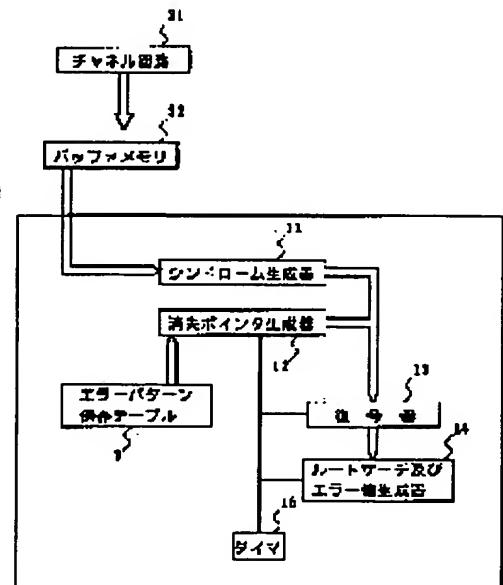
(71) Applicant : HITACHI LTD  
 (72) Inventor : MATSUMOTO MUNEHISA

## (54) ERROR DETECTION AND CORRECTION METHOD, AND MAGNETIC DISK DEVICE

## (57) Abstract:

**PROBLEM TO BE SOLVED:** To realize an error correction method improving an error correction ability.

**SOLUTION:** A syndrome generator 11 generates a syndrome from an uncorrected digital data in a conjectural digital sequence forwarded from a channel circuit 31 to a buffer memory 32, and an error correction code, and a disappeared pointer generator 12 selects an error pattern from an error pattern preservation table 7, and generates an adaptive disappeared pointer. At a decoder 13, an error position polynomial is generated from the generated syndrome, and a disappeared position polynomial is generated based on the disappeared pointer, and a corrected error position polynomial and an error value polynomial are generated from the syndrome and the disappeared position polynomial, and based on this generated result, a route search and an error value generator 14 calculate the error value. A CRC code of the correction result is checked, and a go/no-go of the error correction result is judged. A timer 15 prevents the error detection and correction from falling into an infinite loop when the disappeared pointer is changed and the error detection and the correction are repeated.



## LEGAL STATUS

[Date of request for examination]

[Date of sending the examiner's decision of rejection]

[Kind of final disposal of application other than the examiner's decision of rejection or application converted registration]

[Date of final disposal for application]

[Patent number]

[Date of registration]

[Number of appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of requesting appeal against examiner's  
decision of rejection]

[Date of extinction of right]

Copyright (C); 1998,2000 Japan Patent Office

(19)日本国特許庁 (JP)

(12) 公開特許公報 (A)

(11)特許出願公開番号  
特開2000-100086  
(P2000-100086A)

(43)公開日 平成12年4月7日(2000.4.7)

(51)Int.Cl.<sup>7</sup>  
G 11 B 20/18

識別記号  
5 4 2  
5 2 0  
5 7 2  
5 7 6

F I  
G 11 B 20/18  
5 4 2 A  
5 2 0 D  
5 7 2 B  
5 7 2 F  
5 7 6 Z

テーマコード(参考)

審査請求 未請求 請求項の数4 FD (全7頁)

(21)出願番号 特願平10-288737

(22)出願日 平成10年9月25日(1998.9.25)

(71)出願人 000005108

株式会社日立製作所  
東京都千代田区神田駿河台四丁目6番地

(72)発明者 松本 宗久

神奈川県小田原市国府津2880番地 株式会  
社日立製作所ストレージシステム事業部内

(74)代理人 100099302

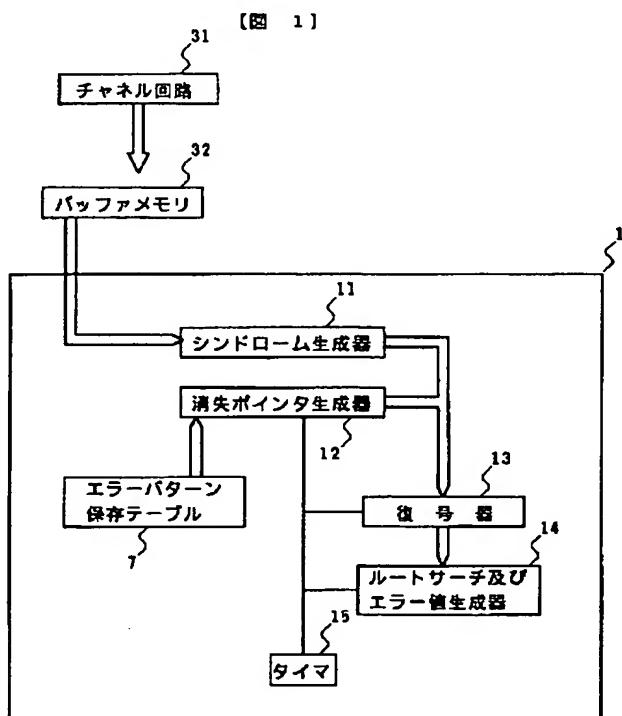
弁理士 笹岡 茂 (外1名)

(54)【発明の名称】 エラー検出・訂正方法および磁気ディスク装置

(57)【要約】

【課題】 エラー訂正能力を増大させるエラー訂正方法を提供することにある。

【解決手段】 シンドローム生成器11は、チャネル回路31からバッファメモリ32に転送された推測デジタルシーケンス内の未訂正のデジタルデータと、エラー訂正符号からシンドロームを生成し、消失ポインタ生成器12は、エラーパターン保存テーブル7よりエラーパターンを選出し、適合する消失ポインタを生成し、復号器13は、生成シンドロームよりエラー位置多項式を生成し、消失ポインタをもとに消失位置多項式を生成し、シンドロームと、消失位置多項式より修正エラー位置多項式とエラー値多項式を生成し、該生成結果に基づき、ルートサーチ及びエラー値生成器14は、エラー値を算出する。また、訂正結果のCRC符号をチェックし、エラー訂正結果の合否を判定する。タイマ15は、消失ポインタを変更してエラー検出・訂正を繰り返したときに、無限ループに陥ることを防ぐ。



## 【特許請求の範囲】

【請求項1】 磁気ディスク媒体上の磁気遷移を検出することによって得られるアナログ読み出し信号から、推測デジタルシーケンスを検出するステップと、該推測デジタルシーケンスからシンドロームを生成するステップと、該推測デジタルシーケンス内のエラー発生位置を仮想的に設定し、その位置を消失ポインタとして生成するステップと、該生成したシンドロームと該生成した消失ポインタを用いてエラーを訂正するステップと、を有することを特徴とするエラー検出・訂正方法。

【請求項2】 請求項1記載のエラー検出・訂正方法において、

訂正に失敗した場合、さらに前記仮想エラー発生位置を変化させて、エラー検出・訂正を繰り返すステップを有することを特徴とするエラー検出・訂正方法。

【請求項3】 請求項1または請求項2記載のエラー検出・訂正方法において、

前記仮想エラー発生位置を設定するためのエラーパターン保存テーブルを設け、該エラーパターン保存テーブルからエラーパターンを選択し、該選択したエラーパターンに基づき仮想エラー発生位置を設定することを特徴とするエラー検出・訂正方法。

【請求項4】 磁気ディスク媒体上の磁気遷移を検出することによって得られるアナログ読み出し信号から、推測デジタルシーケンスを検出する手段と、

該推測デジタルシーケンスからシンドロームを生成する手段と、

仮想エラー発生位置を設定するためのエラーパターン保存テーブルと、

該エラーパターン保存テーブルからエラーパターンを選択し、該選択したエラーパターンに基づき仮想エラー発生位置を設定し、その位置を消失ポインタとして生成する手段と、

生成したシンドロームと生成した消失ポインタを用いてエラーを訂正する手段を備えることを特徴とする磁気ディスク装置。

## 【発明の詳細な説明】

## 【0001】

【発明の属する技術分野】 本発明は、パーソナルコンピュータやワークステーションを含む電子計算機のシステムに於いて、これらの情報格納に用いる磁気ディスク装置に係り、特にエラー訂正符号による誤り訂正機能に関する。

## 【0002】

【従来の技術】 一般に、パーソナルコンピュータ等のコンピュータシステムにおいて、ユーザ情報をデジタルデータの形式で保存する手段として、磁気ディスク装置が使用されている。磁気ディスク装置内では、デジタルデ

ータによってヘッドコイル内の電流が変調され、対応する磁束遷移のシーケンスが、磁気媒体表面上に半径方向に間隔の開いた同心円の形で書き込まれる。記録されたデータを読み出す場合は、読み出しヘッドが、磁気媒体上の目的とするデータが記録された特定位置上を通過する際に発生する磁気遷移を、極性が交互に入れ替わるアナログ読み出し信号のパルスへと変換する。得られたパルスは、読み出しチャネル回路によって復号され、デジタル信号へと変換される。このデジタル信号には、媒体の欠陥、ヘッドの特性変化、ノイズによって生じる、読み出し信号を不明瞭にするようなエラー（誤り）を含む可能性がある。これらのエラーを保証するため、一般に、磁気ディスク装置にはエラーの検出と訂正を行うシステムが搭載されている。

【0003】 エラー検出・訂正システムは、ユーザデータ書き込みの際に、該データからリードソロモンコード (Reed-Solomon code) 等のエラー訂正符号を生成し、該データに付加する形で媒体上に記録される。ユーザデータを読み出す際は、エラー訂正符号を該データといっしょに読み出し、得られた訂正符号によりユーザデータのエラー検出及び訂正を実行する。これは、ホストコンピュータに対して、最初に記録されたオリジナルのユーザデータを再生するためである。

【0004】 コンピュータシステムにおいて、磁気ディスク装置の記憶容量に対する要求は年々高まっており、この要求にこたえるために、データ記録密度を高める必要がある。しかし、媒体の欠陥を減少させる等の手段を用いずに単にデータ記録密度だけを高く設定すると、媒体欠陥の単位面積当たりのエラー個数が増加し、エラー検出・訂正システムによる訂正能力を超える可能性が高まる。この問題を解決するもっとも安易な方法は、エラー訂正符号の冗長性を増し、エラー検出・訂正システムによる訂正能力を増やすことである。

【0005】 もう一つの方法として、消失点訂正がある。消失点とは、読み出し信号上の誤りの位置を表す。すなわち、「正しい値は分からぬがその位置の値は誤りがある」点である。消失点を何らかの方法で与えることができた場合、エラー訂正符号の冗長性を増すことなく、訂正能力を増加させることができとなる。例えば、特開平9-219005「磁気ディスク記憶システムにおける熱的アスペリティの補償装置及び補償方法」では、熱的アスペリティ (Thermal Asperity; TA) を検出し、消失点としてもちいる手法が述べられている。近年の磁気ディスク装置では読み出し用ヘッドとして、磁気抵抗型 (Magneto-resistive; MR) ヘッドが用いられる。MRヘッドは電気抵抗値が磁束強度に反比例するような素子に定電流を流し、磁束遷移に応じて変化する測定電圧をアナログ読み出し信号としてとらえる、読み出し専用ヘッドである。先に述べたTAは、MRヘッドがディスク表面上の凹凸（アスペリティ）に物理的に衝突する際

に現れる読み出し信号の過渡変化であり、MR素子の電気抵抗率が衝突時の温度上昇に伴って増加することによる。TAは、デジタル信号にエラーを発生させる要因となりうる。TAが発生した場合、読み出し用ヘッドからのアナログ読み出し信号は指数関数的に減衰するので、読み出しチャネル回路によって復号する際にTAの発生位置を検出することが可能である。この、TA発生位置を消失点として用いれば、消失点訂正が可能となる。

## 【0006】

【発明が解決しようとする課題】エラー検出・訂正能力を高める、上記2つの方法には以下のような問題点がある。まず、第1のエラー訂正符号の冗長性を増す方法では、ECC回路の構成が複雑になり、コストの増大を招く。また、エラー訂正符号を増やした分だけユーザデータ領域は減少するので、磁気ディスク装置の記憶容量を増やすと言う本来の目的にはそぐわない。第2のTAを検出して消失点訂正を行う方法では、誤りの原因がTAであった場合は非常に有効である。しかし、読み出しヘッドのオフセットや、媒体の物理的欠陥、ヘッドの特性変化、ノイズなど他の要因で誤りが発生した場合はまったく効果がなく、またこのような要因の場合、消失点を特定することは非常に困難である。

【0007】本発明の目的は、上記の問題点を解決するためになされたものであり、エラー訂正符号の冗長性を増してユーザデータ領域を減少させることなく、エラー訂正能力を増大させるエラー訂正方法を提供することにある。本発明の他の目的は、発生しうる誤り原因の種類によらずに、エラー訂正能力を増大させるエラー訂正方法を提供することにある。

## 【0008】

【課題を解決するための手段】上記目的を達成するため、本発明は、磁気ディスク媒体上の磁気遷移を検出することによって得られるアナログ読み出し信号から、推測デジタルシーケンスを検出するステップと、該推測デジタルシーケンスからシンドロームを生成するステップと、該推測デジタルシーケンス内のエラー発生位置を仮想的に設定し、その位置を消失ポインタとして生成するステップと、該生成したシンドロームと該生成した消失ポインタを用いてエラーを訂正するステップを有するようにしている。

【0009】また、訂正に失敗した場合、さらに前記仮想エラー発生位置を変化させて、エラー検出・訂正を繰り返すステップを有するようにしている。また、前記仮想エラー発生位置を設定するためのエラーパターン保存テーブルを設け、該エラーパターン保存テーブルからエラーパターンを選択し、該選択したエラーパターンに基づき仮想エラー発生位置を設定するようにしている。また、エラーパターン保存テーブルのエラーパターンに優先順位を付し、新しいエラーセクタを訂正するたびに該訂正に使用したエラーパターンの優先順位を上げる学習

機能を有するようにしている。

【0010】また、磁気ディスク装置であり、磁気ディスク媒体上の磁気遷移を検出することによって得られるアナログ読み出し信号から、推測デジタルシーケンスを検出する手段と、該推測デジタルシーケンスからシンドロームを生成する手段と、仮想エラー発生位置を設定するためのエラーパターン保存テーブルと、該エラーパターン保存テーブルからエラーパターンを選択し、該選択したエラーパターンに基づき仮想エラー発生位置を設定し、その位置を消失ポインタとして生成する手段と、生成したシンドロームと生成した消失ポインタを用いてエラーを訂正する手段を備えるようにしている。

## 【0011】

【発明の実施の形態】以下、本発明の実施例について図を用いて説明する。尚、以下の実施例に示した本発明の訂正誤り方法の確認及び装置としての特性確認等は、図8に示すような、ディスク(磁気記録媒体)41と、これを記録方向に駆動する駆動部であるスピンドルモータ202と、記録部と再生部からなる磁気ヘッド43と、該磁気ヘッド43を該ディスク(磁気記録媒体)41に対して相対運動をさせる手段であるガイドアーム203と、該磁気ヘッド43への信号入力と該磁気ヘッド43からの出力信号再生を行う為の記録再生信号処理回路201を有する構成の磁気記憶装置を作製し確認した。ここで、本発明による磁気ディスク装置は、複数のディスク(磁気記録媒体)41を有し、該相対運動をさせる手段203が複数の磁気ヘッド43を有した構成でも良いことは言うまでもない。また本発明による磁気ディスク装置を構成する該磁気ヘッド43は、異方性磁気抵抗効果

(AMR)を用いたMRヘッドだけでなく、巨大磁気抵抗効果(GMR)を利用したスピンドル型MRヘッドにも適用できるものである。

【0012】図1から図7により本発明の実施の形態を説明する。図2に、磁気ディスク装置3を用いたパソコン用構成例を示す。このパソコンでは、その一部を構成する中央処理装置2(Central Processing Unit; CPU)又はホスト2と、外部記憶装置としての磁気ディスク装置3を有している。この基本構成は、いわゆる大型計算機システムの上位装置としてのホスト2と、外部記憶装置としての磁気ディスク装置2であっても良い。中央処理装置1はバスライン21を介して、磁気ディスク装置にコマンドを発行、データの授受を行う。

【0013】図3に、磁気ディスク装置3の構成例を示す。磁気ディスク装置3は、ディスク機構部4、読み出し・書き込みチャネル回路31、エラー検出・訂正システム1、バッファメモリ32、マイクロプロセッサ33、及びプログラム格納メモリ34からなる。読み出し・書き込みチャネル回路31は、ホスト2から転送され、バッファメモリ32上に格納されているデジタル信

号を、アナログ信号に変換してディスク機構部4に送る。また、ディスク機構部4より送られるアナログ信号をデジタル信号に復号して推測デジタルシーケンスとしてバッファメモリ32に送る。エラー検出・訂正システム1は、ホスト2よりバッファメモリ32に送られたデータにエラー訂正符号を付加する。また、チャネル回路31よりバッファメモリ32に送られた未訂正のデジタルデータをこの明細書で説明される処理によって訂正する。マイクロプロセッサ33は、プログラム格納メモリ34に格納されたプログラムにしたがって磁気ディスク装置3全体の制御を行う。

【0014】図4は、ディスク機構部4の構成を示したものである。記憶媒体である複数のディスク41の各々の両面に、同心円状に複数のトラック42が設けられている。各々のトラック42には、データの記録単位の一種であるセクタ5が複数個設けられている。また、個々のディスク41の両面には、それぞれディスク41の回転中心からの距離が互いにほぼ等しい状態で、当該ディスク41の径方向に同時に同一方向に移動して目的のトラック42上への位置付け動作（シーク動作）を行う複数の磁気読み出し・書き込みヘッド43が対向して配置されている。

【0015】磁気ヘッド43は、ディスク41上の磁気遷移を、アナログ読み出し信号のパルスへと変換し、読み出し・書き込みチャネル回路31に送る。また、チャネル回路31より送られたアナログ信号によってヘッドコイル内の電流を変調し、対応する磁束遷移シーケンスを、ディスク41上に書き込む。

【0016】図5は、データ記録単位であるセクタ5の代表的なフォーマットを示している。セクタ5は、PLL51、シンクマーク52、ユーザデータ53、CRC54、ECC55からなる。PLL51は、ユーザデータ53の読み出し前に正しいサンプリング周波数及び位相を獲得するために用いられる。シンクマーク52は、ユーザデータ53の開始位置を示す。ECCはデータ書き込み時にユーザデータ53より生成された、エラー訂正符号である。CRC54は、エラー訂正結果の合否を判定する符号である。

【0017】磁気ディスク装置においては、一般的にリードソロモン符号をエラー訂正符号として用いる。

【0018】リードソロモン符号は複数エラー訂正符号の分類に属する。

【0019】復号のもっとも一般的な方法の一つは、シンドロームよりエラー位置多項式(error-locator polynomial)  $\sigma(x)$  (すなわち、Berlekamp-Masseyアルゴリズムを使用する結合多項式) を生成し、エラー位置多項式からエラー値多項式(error-magnitude polynomial)  $\omega(x)$  を生成し、エラー位置を検出するためにエラー位置多項式についてのルートサーチ(chien search)を行い、エラー値多項式をエラー位置多項式において評価し

てエラー値を計算すると言うものである。また、消失ポインタが生成されている場合は、該消失ポインタより消失位置多項式(erasure-locator polynomial)を生成し、前記シンドロームと該消失位置多項式から修正エラー位置多項式を生成し、修正エラー位置多項式からエラー値多項式(error-magnitude polynomial)  $\omega(x)$  を生成し、エラー位置を検出するために修正エラー位置多項式についてのルートサーチ(chien search)を行い、エラー値多項式を修正エラー位置多項式において評価してエラー値を計算することができる。修正エラー位置多項式は、エラー位置多項式に比べて未知定数が少ないので、消失ポインタが生成されている場合のほうがエラーが訂正できる確率は高くなる。

【0020】図1に、エラー検出・訂正システムの構成を示す。シンドローム生成器11は、チャネル回路31からバッファメモリ32に転送された推測デジタルシーケンス内の未訂正のデジタルデータと、ECC55のエラー訂正符号(リードソロモン符号)をもとに、シンドロームを生成する。消失ポインタ生成器12は、エラーパターン保存テーブル7よりエラーパターンを選出し、適合する消失ポインタを生成する。なお、消失ポインタ生成器12は、エラーパターンから消失ポインタを生成する外に、バッファメモリからの情報に基づいても消失ポインタを生成するようにしてもよい。復号器13は、生成されたシンドロームよりエラー位置多項式を生成し、また、消失ポインタが生成されている場合には、消失ポインタをもとに消失位置多項式を生成し、シンドロームと、消失位置多項式より修正エラー位置多項式とエラー値多項式を生成する。ルートサーチ及びエラー値生成器14は、エラー位置多項式または修正エラー位置多項式についての逐次代入検索を行って、エラー位置を検出し、エラー値多項式をエラー位置多項式または修正エラー位置多項式において評価することでエラー値を算出する。また、訂正結果のCRC符号をチェックし、エラー訂正結果の合否を判定する。タイマ15は、未訂正のデジタルデータに対してエラー検出・訂正を繰り返し実行したときに、無限ループに陥ることを防ぐものである。タイマ15が訂正開始から一定時間が経過したことを検出すると、マイクロプロセッサ33はエラー検出・訂正の繰り返しを停止させる。

【0021】図6に、エラー検出・訂正システム内の処理ステップを示す。エラー訂正ステップは、図1のタイマ15の初期化、及びスタートから始まる(ステップ601)。次にシンドローム生成器11によるシンドロームの生成(ステップ602)を行う。次に復号器13において、Berlekamp-Masseyアルゴリズムを用いてエラー位置多項式の係数を求め(ステップ603)、さらにエラー値多項式の係数を求める(ステップ604)。なお、このときには、消失ポインタは生成されておらず、エラー位置多項式だけが生成されている。次に、ルート

サーチ及びエラー値生成器14においてエラー位置多項式についての逐次代入検索を行ってエラー位置を検出し(ステップ605)更に、エラー値多項式をエラー位置多項式において評価してエラー値を求める(ステップ606)。更に、修正されたCRC符号のチェックを行い(ステップ607)、OKの場合はエラー訂正処理終了(訂正完了)となる(ステップ608)。CRC符号のチェックがNGだった場合は、タイマ15においてタイマ値をチェックし(ステップ609)、所定の時間を過ぎている場合はエラー訂正処理終了(訂正失敗)となる(ステップ610)。タイマ値が所定の時間を過ぎてなかった場合、消失ポインタ生成器12においてエラーパターン保存テーブル7よりエラーパターンを選出して消失ポインタを生成する(ステップ611)。更に、復号器13において消失位置多項式の係数を求め(ステップ612)、ステップ603に戻る。再度のステップ603では、ステップ612で消失位置多項式の係数が求められているので、これと前記シンドロームから修正位置多項式の係数を求め、ステップ604で、エラー値多項式の係数を求める。次に、ステップ605で、ルートサーチ及びエラー値生成器14において修正エラー位置多項式についての逐次代入検索を行ってエラー位置を検出し、更に、ステップ606で、エラー値多項式を修正エラー位置多項式において評価してエラー値を求める。ステップ607以降は、上記した処理と同様の処理を行う。以上の動作は、ステップ608、または、タイムオーバーしてステップ610に到達するまで繰り返される。なお、最初のステップ603においては、バッファメモリからの情報に基づいて消失ポインタが生成されている場合には、修正エラー位置多項式の係数を求めるようにしてもよい。

【0022】図7は、エラーパターン保存テーブル7の例を示す図である。コラム71は、各エラーパターンの優先順位を示しており、新しいエラーセクタを訂正するたびに該訂正に使用したエラーパターンの優先順位は上がるよう学習機能によって更新される。コラム72はセクタの先頭から数えたエラー発生バイト位置を示している。消失ポインタ生成器12は、エラーパターン保存テーブル7をコラム71の順(優先順位の高い順)にコラム72を参照し、コラム72に指定されたエラー発生バイト位置に対応する消失点ポインタを生成する。

#### 【0023】

【発明の効果】本発明によれば、エラー検出・訂正システムに消失ポインタを仮想的に生成し、エラー訂正を繰り返すことにより、ECCのコスト、複雑さ、及び冗長性を最小に押さえることができる。また、エラーの発生

原因によらずエラー訂正能力を高めることが可能となる。

#### 【図面の簡単な説明】

【図1】本発明の1つの実施形態によるエラー検出・訂正システムの構成を示す図である。

【図2】磁気ディスク装置とパーソナルコンピュータの構成を示す図である。

【図3】磁気ディスク装置の構成例を示す図である。

【図4】ディスク機構部の構成例を示す図である。

【図5】データ記録単位であるセクタのフォーマットを示す図である。

【図6】エラー検出・訂正システム内の処理のフローチャートを示す図である。

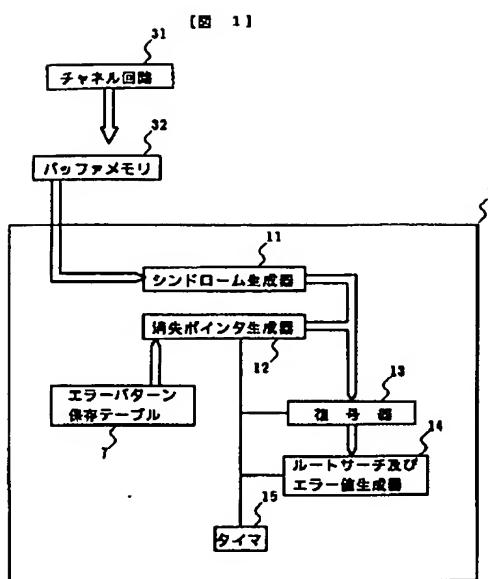
【図7】エラーパターン保存テーブル7の例を示す図である。

【図8】本発明のエラー検出・訂正方法を用いた実施例の磁気ディスク装置を示す斜視図である。

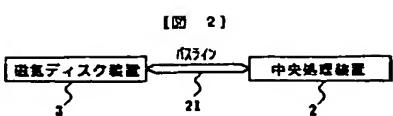
#### 【符号の説明】

- 1 エラー検出・訂正システム
- 2 中央処理装置(ホスト)
- 3 磁気ディスク装置
- 4 ディスク機構部
- 5 セクタ
- 7 エラーパターン保存テーブル
  - 11 シンドローム生成器
  - 12 消失ポインタ生成器
  - 13 復号器
  - 14 ルートサーチ及びエラー値生成器
  - 15 タイマ
  - 21 バスライン
  - 31 読み出し・書き込みチャネル回路
  - 32 バッファメモリ
  - 33 MPU
  - 34 プログラム格納メモリ
  - 41 ディスク(磁気記録媒体)
  - 42 トランク
  - 43 磁気ヘッド
  - 51 PLL
  - 52 シンクマーク
  - 53 ユーザデータ
  - 54 CRC
  - 55 ECC
  - 71, 72 カラム
  - 201 記録再生信号処理回路
  - 202 スピンドルモータ
  - 203 ガイドアーム

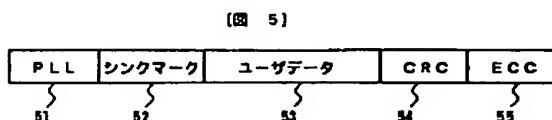
【図1】



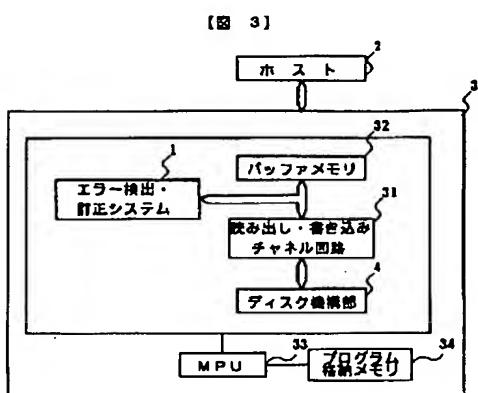
【図2】



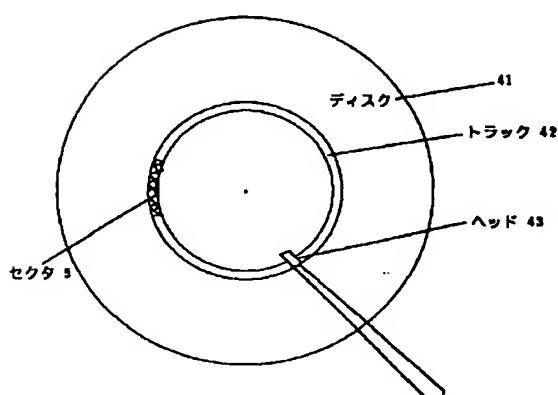
【図5】



【図3】



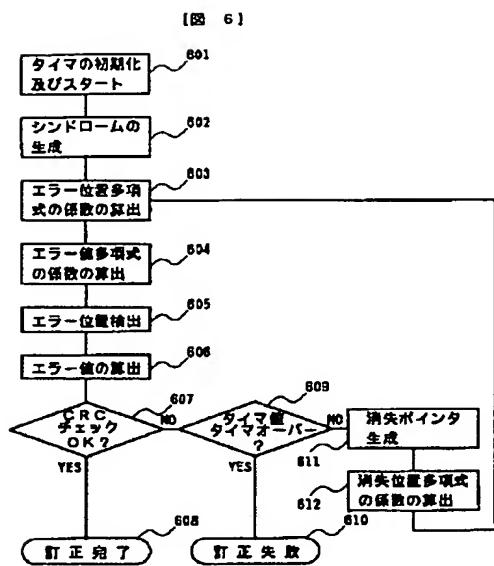
【図4】



【図7】

1	3, 16, 48, 128, ...
3	1, 2, 3, 4, 12, ...
2	6, 9, 12, 15, ...
⋮	⋮
⋮	⋮
m	500, 501, 502, 503, ...

【図6】



【図8】

